



**Europäisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office européen
des brevets**

11017 U.S. PTO

09/850349



PHNL000276
LIS

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

00201773.9

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

I.L.C. HATTEN-HECKMAN

DEN HAAG, DEN
THE HAGUE,
LA HAYE, LE

23/10/00

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Blatt 2 der Bescheinigung
Sheet 2 of the certificate
Page 2 de l'attestation

Anmeldung Nr.:
Application no.: 00201773.9
Demande n°:

Anmeldetag:
Date of filing: 19/05/00
Date de dépôt:

Anmelder:
Applicant(s):
Demandeur(s):
Koninklijke Philips Electronics N.V.
5621 BA Eindhoven
NETHERLANDS

Bezeichnung der Erfindung:
Title of the invention:
Titre de l'invention:
NO TITLE

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:
State:
Pays:

Tag:
Date:
Date:

Aktenzeichen:
File no.
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:
International Patent classification:
Classification internationale des brevets:

/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:
Remarks: See for original title page 1 of the description
Remarques:

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Werkwijze, systeem en apparaat

19. 05. 2000

(86)

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het kiezen van een optimale kandidaat-waarde voor gebruik bij het matchen van een blok uit een eerste afbeelding met een gebied uit een tweede afbeelding, welke werkwijze omvat:

- (a) het maken van een verzameling met kandidaat-waarden voor het bepalen van een te
5 matchen gebied uit de tweede afbeelding,
- (b) voor elke kandidaat-waarde uit de verzameling, het op basis van de genoemde kandidaat-
waarde bepalen van een te matchen gebied uit de tweede afbeelding, het matchen van het
blok uit de eerste afbeelding met dit gebied en het berekenen van een matching error, en
- (c) het kiezen van de optimale kandidaat-waarde uit de verzameling op basis van de
10 berekende matching errors.

De uitvinding heeft voorts betrekking op een systeem voor het kiezen van een optimale kandidaat-waarde voor gebruik bij het matchen van een blok uit een eerste afbeelding met een gebied uit een tweede afbeelding, welk systeem omvat:

- een verzamelaar, welke is ingericht voor het maken van een verzameling met kandidaat-
15 waarden voor het bepalen van een te matchen gebied uit de tweede afbeelding,
- een matcher, welke is ingericht voor het voor elke kandidaat-waarde uit de verzameling
op basis van de genoemde kandidaat-waarde bepalen van een te matchen gebied uit de
tweede afbeelding, het matchen van het blok uit de eerste afbeelding met dit gebied en het
berekenen van een matching error, en
- 20 • een selector, welke is ingericht voor het kiezen van de optimale kandidaat-waarde uit de
verzameling op basis van de berekende matching errors.

De uitvinding heeft voorts betrekking op een apparaat voor het bewerken van een videosignaal bestaande uit een verscheidenheid aan afbeeldingen.

25

Een werkwijze van de in de aanhef omschreven soort is bekend uit de internationale octrooiaanvraag gepubliceerd onder nummer WO 99/40726 (PHN 17.017) van dezelfde aanvrager als de huidige aanvraag. Bij blok-gebaseerde technieken voor het bepalen van beweging en diepte in een afbeelding wordt de afbeelding verdeeld in een aantal

blokken, bijvoorbeeld rechthoeken van gelijke grootte. De afbeelding kan dan worden vergeleken met een andere afbeelding door het matchen van de afzonderlijke blokken in de andere afbeelding.

Het matchen van een blok met een tweede afbeelding gebeurt door een aantal kandidaat-waarden voor de bewegingsvector of de diepte te kiezen en vervolgens voor elke kandidaat-waarde te bepalen in hoeverre het blok overeenkomt met een gebied in de tweede afbeelding. De mate van afwijking in deze overeenkomst kan worden berekend. Deze afwijking heet de matching error die hoort bij de kandidaat-waarde. De optimale kandidaat-waarde is de kandidaat-waarde met een relatief kleine matching error. Geschikte kandidaat-waarden zijn onder andere de dieptes of de bewegingsvectoren van nabij gelegen blokken uit de eerste afbeelding, aangezien het waarschijnlijk is dat deze ongeveer dezelfde karakteristieken hebben als het huidige blok. Aangezien een blok bestaat uit pixels, kan de matching error worden bepaald aan de hand van de pixels die overeenstemmen in het blok uit de eerste afbeelding en in het gebied in de tweede afbeelding. Een mathematische techniek zoals het bepalen van de gemiddelde kwadratische fout (MSE) is hiervoor geschikt.

Het kan voorkomen dat een punt van een object wel zichtbaar is in de eerste afbeelding, maar niet in de tweede afbeelding. Een ander object kan dusdanig gepositioneerd zijn dat het, gezien vanuit het gezichtspunt van de tweede afbeelding, het object geheel of gedeeltelijk afdekt. Dit betekent dat een blok uit de eerste afbeelding niet geheel terug te vinden is in de tweede afbeelding, omdat een aantal pixels daaruit niet zichtbaar zijn in het te matchen gebied.

Een bezwaar van de bekende werkwijze is dat de matching error wordt berekend over alle pixels uit het blok uit de eerste afbeelding, ook over pixels welke niet zichtbaar zijn in het te matchen gebied. Deze pixels worden dan vergeleken met pixels corresponderend met andere punten. Als deze erg verschillen, bijvoorbeeld omdat de helderheid varieert, dan levert dit een grote matching error op. Het kan dan voorkomen dat een kandidaat-waarde afgewezen wordt vanwege een te grote matching error, terwijl deze voor het zichtbare gedeelte van het blok wel de optimale kandidaat-waarde is.

30

Het is een doel van de uitvinding om te voorzien in een werkwijze van de in de aanhef omschreven soort, waarbij een betere keuze voor de optimale kandidaat-waarde gemaakt wordt.

Dit doel is bij de werkwijze volgens de uitvinding daardoor bereikt, dat het blok opgebouwd is uit pixels, een selectie gemaakt wordt van pixels uit het blok uit de eerste afbeelding welke zichtbaar zijn in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding, en het berekenen van een matching error gebeurt op basis van de genoemde selectie. Door de niet
5 zichtbare pixels niet te gebruiken bij het berekenen van de matching error, wordt voorkomen dat een grote matching error gevonden wordt door foutieve matching.

In een uitvoeringsvorm van de werkwijze wordt de selectie gemaakt door voor de pixels uit het blok uit de eerste afbeelding te bepalen op welke locatie in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding zij zich bevinden, en een pixel te selecteren op basis van een
10 vergelijking met andere pixels uit het blok uit de eerste afbeelding die zich op dezelfde locatie in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding bevinden.

In een verdere uitvoeringsvorm van de werkwijze gebeurt de vergelijking op basis van diepte. Deze uitvoeringsvorm heeft het voordeel dat de vergelijking nu eenvoudig en snel uitgevoerd kan worden.

15 Het is tevens een doel van de uitvinding om te voorzien in een systeem van de in de aanhef omschreven soort, waarbij een betere keuze voor de optimale kandidaat-waarde gemaakt wordt.

Dit doel is bij het systeem volgens de uitvinding daardoor bereikt, dat het blok opgebouwd is uit pixels, en de matcher ingericht is voor het maken van een selectie van
20 pixels uit het blok uit de eerste afbeelding welke zichtbaar zijn in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding, en de matcher ingericht is voor het berekenen van een matching error op basis van de genoemde selectie.

In een uitvoeringsvorm van het systeem is de matcher ingericht voor het maken van de selectie door voor de pixels uit het blok uit de eerste afbeelding te bepalen op
25 welke locatie in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding zij zich bevinden, en een pixel te selecteren op basis van een vergelijking met andere pixels uit het blok uit de eerste afbeelding die zich op dezelfde locatie in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding bevinden.

In een verdere uitvoeringsvorm van het systeem gebeurt de vergelijking op
30 basis van diepte.

Het is tevens een doel van de uitvinding om te voorzien in een apparaat van de in de aanhef omschreven soort, waarbij een betere bewerking van het videosignaal gerealiseerd wordt.

Dit doel is bij het apparaat volgens de uitvinding daardoor bereikt, dat het apparaat bevat:

- een systeem volgens de uitvinding voor het kiezen van een optimale kandidaat-waarde voor gebruik bij het matchen van een blok uit een eerste afbeelding met een gebied uit een tweede afbeelding, welk systeem ingericht is om optimale kandidaat-waarden te kiezen voor blokken uit de afbeeldingen uit de genoemde verscheidenheid, en
- een beeldbewerker voor het bewerken van het videosignaal om een verbeterd (enhanced) videosignaal te verkrijgen op basis van de verkregen optimale kandidaat-waarden zoals bepaald door het genoemde systeem.

De beeldbewerker verbetert de afbeelding op basis van de optimale kandidaat-waarde, welke gekozen is door een systeem volgens de uitvinding. Aangezien er bij dit systeem een betere keuze wordt gemaakt voor de optimale kandidaat-waarde, zal dit leiden tot een verbeterde afbeelding welke beter is dan bij andere apparaten.

In een uitvoeringsvorm is het apparaat voorts voorzien van een display systeem voor het afbeelden van het verbeterde (enhanced) videosignaal.

Deze en andere aspecten van de uitvinding zullen nu verder worden besproken aan de hand van de tekening. Daarin is:

Figuur 1 een schematische voorstelling van een aantal afbeeldingen van een aantal objecten; en

Figuur 2 een schematische weergave van een apparaat voor het bewerken van een videosignaal volgens de uitvinding.

Bij blok-gebaseerde technieken voor het bepalen van beweging en diepte in een eerste afbeelding wordt de afbeelding verdeeld in een aantal blokken. Deze blokken kunnen rechthoekig en van gelijke grootte zijn, zodat het verdelen eenvoudig en snel kan gebeuren, alhoewel het ook mogelijk is om willekeurige andere vormen te gebruiken. Het gebruik van niet-rechthoekige blokken heeft het voordeel dat nu arbitraire objecten afgedekt kunnen worden door een groep blokken, zodat de beweging of diepte van zo'n object bepaald kan worden. Door de afbeelding te verdelen in blokken, is het nu mogelijk om de afbeelding te vergelijken met een tweede afbeelding door de blokken uit de eerste afbeelding te matchen met een gebied uit de tweede afbeelding. Als de blokken voldoende klein gekozen worden,

dan kan worden aangenomen dat elk blok uniform beweegt en dat de diepte in een blok overal hetzelfde is. Het is dan mogelijk om een gebied uit de tweede afbeelding te zoeken dat overeenkomt met een blok uit de eerste afbeelding. Als dit gevonden is, kan de verschuiving van dit blok tussen de twee afbeeldingen worden bepaald en daarmee de beweging van dit blok. Als de twee afbeeldingen beide betrekking hebben op een stilstaand object, levert dit de informatie op die nodig is om de diepte van dat object te kunnen bepalen.

Het zal zelden voorkomen dat een blok uit de eerste afbeelding volledig overeenkomt met een gebied uit de tweede afbeelding. Dit probleem wordt opgelost door op basis van een kandidaat-waarde voor de diepte of voor de bewegingsvector te bepalen waar het blok uit de eerste afbeelding zich zou moeten bevinden in de tweede afbeelding. Vervolgens wordt het hiermee overeenkomende gebied uit de tweede afbeelding gematched met het eerste blok en kan de mate van afwijking in de overeenkomst worden berekend. Deze afwijking heet de matching error (matching error) van de kandidaat-waarde. De optimale kandidaat-waarde is de kandidaat-waarde met een relatief kleine matching error, bij voorkeur de kleinste matching error.

Aangezien een blok bestaat uit pixels, kan de matching error worden bepaald aan de hand van de pixels die overeenstemmen in de twee blokken. Een wiskundige techniek zoals het bepalen van de gemiddelde kwadratische fout (MSE) is hiervoor geschikt. Hiermee kan de matching error voor een bewegingsvector (dx, dy) als volgt worden berekend:

$$MSE(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [U_1(m, n) - U_0(m + dx, n + dy)]^2$$

Hierbij zijn M en N de dimensies van het blok in pixels en is $U_i(m, n)$ de pixel-intensiteit in afbeelding i op locatie (m, n). Het berekenen van de matching error voor een diepte d gebeurt op een vergelijkbare manier.

Een andere geschikte wiskundige techniek is het berekenen van de som van de absolute verschillen (SAD). Hiermee kan de matching error voor een diepte d als volgt worden berekend:

$$SAD(d) = \sum_{(x,y) \in B} |U_1(x + \Delta x(d), y + \Delta y(d)) - U_0(x, y)|$$

Hierbij is (x, y) een pixel in een blok B en is $\Delta x(d)$ de verandering van x op grond van de kandidaat-waarde voor de diepte d .

Naast de gemiddelde kwadratische fout en de som van de absolute verschillen kunnen ook andere wiskundige technieken, zoals het gemiddelde absolute verschil of de som van de kwadratische fouten, worden gebruikt voor het berekenen van de matching error van een kandidaat-waarde voor de diepte of voor een bewegingsvector.

Uit praktische overwegingen, onder andere omdat er bij de bewerking van videosignalen maar weinig tijd is om een afzonderlijke afbeelding te bewerken, wordt meestal een verzameling met een beperkt aantal kandidaat-waarden gemaakt, die vervolgens, zoals hierboven beschreven, worden gebruikt om een gebied uit de tweede afbeelding te bepalen, waarna het blok uit de eerste afbeelding daarmee gematched wordt. Het is gebruikelijk om in deze verzameling de waarden voor de diepte of de gevonden bewegingsvector van nabij gelegen andere blokken te kiezen, eventueel aangevuld met een willekeurige waarde of een eerder berekende waarde voor de diepte of de bewegingsvector voor dit blok. Na het berekenen van de matching errors van de elementen van de verzameling, wordt de optimale kandidaat-waarde gekozen als de kandidaat-waarde met de kleinste matching error.

De stappen van het maken van de verzameling, het berekenen van de matching errors van de elementen van deze verzameling en het kiezen van de optimale kandidaat-waarde kunnen als drie aparte stappen worden uitgevoerd, maar ook in combinatie worden uitgevoerd. Voor elke gekozen kandidaat-waarde kan bijvoorbeeld direct de matching error worden berekend, waarna deze kan worden vergeleken met een "lopend minimum". Blijkt een zojuist berekende matching error kleiner dan dit lopend minimum, dan wordt de huidige kandidaat-waarde gekozen als voorlopige optimale kandidaat-waarde en zijn matching error als nieuw lopend minimum. Nadat alle kandidaat-waarden in de verzameling gekozen zijn, is de aldus bepaalde voorlopige optimale kandidaat-waarde nu de werkelijke optimale kandidaat-waarde.

De hierboven beschreven werkwijze kan een aantal malen worden herhaald, om zo tot de best mogelijke keuze voor de optimale kandidaat-waarde te komen. In het geval van het bepalen van diepte in de afbeelding worden dan initieel de dieptes willekeurig gekozen. Bij elke herhaling worden dan de waarden van nabij gelegen blokken gebruikt, die mogelijk anders zijn dan in de vorige herhaling. De nieuw gevonden waarde met de kleinste matching error wordt dan vervolgens gebruikt bij de berekening van de matching error van andere blokken. Wanneer de waarden niet langer veranderen, is de definitieve diepte bepaald

en kan worden gestopt met herhalen. Bij elke herhaling moet voor elk blok de huidige waarde voor de optimale kandidaat-waarde en de matching error worden bewaard.

5 Figuur 1 toont een eerste afbeelding 10 en een tweede afbeelding 11, beide bevattende een weergave van een object 12 en een object 15. Punten uit het object 12 en het object 15 zijn als pixels zichtbaar in de eerste afbeelding 10 of de tweede afbeelding 11. De mate van zichtbaarheid wordt mede beïnvloed door de diepte van de objecten, vanuit het gezichtspunt van een kijker die de eerste afbeelding 10 of de tweede afbeelding 11 bekijkt. Een punt 13 in het object 12 is zichtbaar in de eerste afbeelding 10 en in de tweede afbeelding 11. Echter, een punt 14 uit het object 12 is alleen zichtbaar in de eerste afbeelding 10, omdat, gezien vanuit het gezichtspunt van de tweede afbeelding 11, een punt 16 uit het object 15 hiermee samenvalt in de tweede afbeelding 11.

15 Wanneer nu een blok uit de eerste afbeelding 10 gematched moet worden met een gebied uit de tweede afbeelding 11, zal het punt 14, waarvan wordt aangenomen dat het zich in het blok uit de eerste afbeelding 10 bevindt, niet terug te vinden zijn in het gebied uit de tweede afbeelding 11. Een blok bestaat uit pixels, welke corresponderen met punten uit de objecten die zichtbaar zijn in de afbeelding. Het matchen van een blok uit de eerste afbeelding 10 met een gebied uit de tweede afbeelding 11 gebeurt door te bepalen welke pixels overeenstemmen in het blok uit de eerste afbeelding 10 en in het gebied in de tweede afbeelding 11.

20 Wanneer bij Figuur 1 een met punt 14 corresponderend pixel 18 uit het blok uit de eerste afbeelding 10 gematched wordt, is het de bedoeling dat deze pixel gematched wordt met een met punt 14 corresponderend pixel uit een gebied uit de tweede afbeelding 11. Deze pixel zou pixel 20 moeten zijn. Echter, in de tweede afbeelding 11 is het punt 16 ook zichtbaar. Een met punt 16 corresponderend pixel is pixel 20. Aangezien het punt 16 een
25 kleinere afstand heeft dan het punt 14, vanuit het gezichtspunt van de tweede afbeelding 11, correspondeert pixel 20 met het punt 16 en is punt 14 dus niet zichtbaar.

30 Bij het matchen van een blok uit de eerste afbeelding 10 met een gebied uit de tweede afbeelding 11 zal het met punt 14 corresponderende pixel 18 uit het blok uit de eerste afbeelding 10 gematched worden met de met punt 16 corresponderend pixel 20 uit het gebied uit de tweede afbeelding 11. Als deze erg verschillen, bijvoorbeeld omdat het punt 14 donker is terwijl punt 16 helder is, dan levert dit een grote matching error.

In de werkwijze volgens de uitvinding wordt een selectie gemaakt van pixels uit het blok uit de eerste afbeelding 10 welke zichtbaar zijn in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding 11. Vervolgens wordt de matching error berekend op basis van deze

selectie. Aangezien de pixel die correspondeert met het punt 14 wel zichtbaar is in het blok uit de eerste afbeelding 10, maar niet in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding 11, wordt deze pixel niet geselecteerd, en dus wordt de matching error berekend zonder dit punt 14 te beschouwen.

- 5 Om dit mogelijk te maken, wordt de berekening van de matching error, zoals hierboven gegeven, aangepast door de introductie van een functie $v(x,y)$, welke de waarde 1 oplevert als een met pixel (x,y) corresponderend punt in de eerste afbeelding 10 zichtbaar is in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding 11, en de waarde 0 anders. De berekening van de matching error via bijvoorbeeld de wiskundige techniek van het berekenen van de som van de absolute verschillen (SAD) gebeurt dan als volgt:
- 10

$$SAD(d) = \sum_{(x,y) \in B} v(x,y) |U_1(x + \Delta x(d), y + \Delta y(d)) - U_0(x, y)|$$

- waarbij $v(x,y)$ de hierboven gegeven functie is. Deze functie wordt ook wel de visibility map genoemd. Voor andere wiskundige technieken is een vergelijkbare modificatie eenvoudig te realiseren.
- 15

- De matching error van een blok B wordt berekend over alle punten (x,y) uit dat blok B. Voor elk punt (x,y) wordt het verschil in de eerste afbeelding 10 en de tweede afbeelding 11 berekend. Door dit verschil nu te vermenigvuldigen met de waarde van de visibility map voor dat punt (x,y) , wordt de matching error alleen berekend over de punten (x,y) waarbij de visibility map de waarde 1 heeft.
- 20

- Om nu de visibility map te bepalen, wordt voor de pixels uit het blok uit de eerste afbeelding 10 bepaald op welke locatie in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding 11 zij zich bevinden. Eerst wordt bepaald met welk punt in de driedimensionale ruimte elk pixel correspondeert. In het voorbeeld van Figuur 1 wordt voor pixel 17 bepaald dat deze correspondeert met punt 13, voor pixel 18 dat deze correspondeert met punt 14 en voor pixel 19 dat deze correspondeert met punt 16.
- 25

- Aan de hand van bijvoorbeeld de bepaalde kandidaat-waarde wordt voor deze pixels bepaald op welke plaats zij zich bevinden in de tweede afbeelding 11. Hiervoor kan bijvoorbeeld een eerder bepaalde kandidaat-waarde voor de diepte of bewegingsvector gebruikt worden. Ook kan eerst de werkwijze voor het kiezen van een optimale kandidaat-waarde worden toegepast zonder modificatie aan de functie voor het berekenen van de matching error, waarmee een optimale kandidaat-waarde bepaald wordt. Voor punt 14 en
- 30

punt 16 blijkt nu dat zij zich op dezelfde plaats in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding 11 bevinden, namelijk pixel 20.

Door nu de pixels 18 en 19, of de daarmee corresponderende punten 14 en 16, te vergelijken, kan worden bepaald welk van deze pixels of punten zichtbaar is in het te matchen gebied. Deze vergelijking kan bij voorkeur worden verricht op basis van diepte, 5 aangezien het meestal zo zal zijn dat het dichtst bij zijnde punt zichtbaar is, omdat het verder weg gelegen punten afdekt. Een ver weg gelegen pixel kan echter ook dusdanig veel helderder zijn dan dicht bij gelegen pixels, dat het toch zichtbaar is. Een dichtbij gelegen pixel kan transparant zijn, waardoor verder weg gelegen pixels zichtbaar zijn in plaats van 10 het dichtbij gelegen pixel. In Figuur 1 blijkt dat punt 16 dicht bij ligt dan punt 14, gezien vanuit het gezichtspunt van de tweede afbeelding 11, en daarom wordt punt 16 nu geselecteerd. De selectie wordt vervolgens vastgelegd door de waarde van de visibility map voor pixel 19 op 1 te stellen, en voor pixel 18 op 0.

De kandidaat-waarden voor de diepte of bewegingsvectoren kunnen ook als 15 stochastische variabelen met een bepaalde functie voor de waarschijnlijkheidsverdeling (probability density function) worden gezien, in plaats van als deterministische waarden. In dat geval wordt de hierboven beschreven aanpak enigszins gewijzigd. De probability density function van de diepte of beweging wordt bepaald, bijvoorbeeld door gebruikmaking van de werkwijze zoals hierboven beschreven, zonder modificatie aan de functie voor het berekenen 20 van de matching error. Vervolgens wordt bepaald met welk punt in de driedimensionale ruimte elk pixel het meest waarschijnlijk correspondeert. Aan de hand van bijvoorbeeld de bepaalde kandidaat-waarde wordt voor deze punten bepaald op welke plaats zij zich bevinden in de tweede afbeelding 11. Daarna wordt voor elk pixel de waarschijnlijkheid berekend dat het zichtbaar is in de tweede afbeelding 11, bijvoorbeeld met de diepte als criterium. De 25 selectie vindt nu plaats op basis van deze waarschijnlijkheid. Een pixel met de hoogste waarschijnlijkheid om zichtbaar te zijn, wordt nu geselecteerd.

Deze selectie kan worden vastgelegd in de visibility map. Een eerste mogelijkheid is om de waarde van een pixel op 1 te stellen wanneer deze de hoogste waarschijnlijkheid heeft, en 0 anders. Een tweede mogelijkheid is om de waarschijnlijkheid 30 dat de pixel zichtbaar is in de visibility map op te nemen.

Wanneer de werkwijze meerdere malen wordt uitgevoerd, dan is in de eerste iteratie nog geen informatie beschikbaar om te bepalen met welke punten de pixels uit het blok uit de eerste afbeelding 10 overeenkomen. In deze iteratie kan daarom de waarde van de visibility map voor alle pixels op 1 gezet worden.

In Figuur 2 is een apparaat voor het bewerken van een videosignaal 40 weergegeven, welk videosignaal 40 bestaat uit een verscheidenheid aan afbeeldingen. Het apparaat bevat een beeldbewerker 41, welke ingericht is voor het bewerken van het videosignaal 40 om een verbeterd (enhanced) videosignaal te verkrijgen. Dit verbeterd
5 videosignaal wordt vervolgens weergegeven op een display systeem 42. Alhoewel in Figuur 4 het display systeem 42 weergegeven is als een onderdeel van hetzelfde apparaat als waarin de beeldbewerker 41 is opgenomen, moge het duidelijk zijn dat het display apparaat 42 ook los van het apparaat opgesteld kan worden en bijvoorbeeld via een netwerk het verbeterde videosignaal kan ontvangen van het apparaat.

10 De beeldbewerker 41 kan het videosignaal 40 verbeteren (enhance) op basis van informatie over de beweging of de diepte van individuele afbeeldingen in het videosignaal 40. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat de beeldbewerker 41 het videosignaal 40 zodanig bewerkt dat een gebruiker het beeld vanuit een andere hoek kan bekijken, door op basis van diepte-informatie individuele objecten, bepaald door een groep blokken, apart te
15 roteren en zo een juiste weergave te genereren onder een andere hoek. Hiermee kan bijvoorbeeld een stereoscopische weergave verkregen worden. Bewegings-informatie kan worden gebruikt om bewegende objecten te detecteren en te markeren, bijvoorbeeld voor gebruik bij automatische surveillance-camera's. Het aldus verkregen videosignaal met gemarkeerde objecten levert een verbetering voor de gebruiker van deze camera's, omdat
20 deze nu sneller veranderingen in het beeld kan detecteren.

Bij een andere mogelijke toepassing verbetert de beeldbewerker 41 het videosignaal 40, dat bijvoorbeeld aangeboden wordt in een gecomprimeerd formaat zoals MPEG, door een efficiënter gecomprimeerd videosignaal te produceren. Een individueel object, bepaald door een groep blokken, welk object voorkomt in een aantal afbeeldingen in
25 het videosignaal 40, kan nu worden gecomprimeerd door pixel-informatie over het object eenmalig op te slaan, en voor andere afbeeldingen waarin dit object voorkomt alleen de bewegingsvector of diepte-informatie van dit object op te slaan. Aangezien deze informatie minder opslagruimte vereist dan de pixel-informatie van het hele object, kan met een methode zoals deze een in compressie sterk verbeterd videosignaal opleveren.

30 Omwille van de duidelijkheid bespreekt de uitleg hieronder de functie van elementen van het systeem alleen bij het bepalen van de diepte van een eerste blok, maar het moge duidelijk zijn uit het bovenstaande dat de beweging van een eerste blok op analoge manier kan worden bepaald.

Het apparaat bevat voorts een verzamelaar 43, een matcher 46 en een selector 47. De verzamelaar 43 is ingericht voor het maken van een verzameling 45 met kandidaat-waarden voor het bepalen van een te matchen gebied uit de tweede afbeelding. De verzameling 45 die de verzamelaar 43 maakt, bevat onder andere eerder bepaalde diepten van nabij het eerste blok gelegen blokken. De diepten van bij elkaar gelegen blokken zullen meestal weinig verschillen. De diepten van nabij het eerste blok gelegen blokken vormen daarom een goed uitgangspunt bij het bepalen van de diepte van het eerste blok, en worden daarom gebruikt als kandidaat-waarden voor deze diepte. Voor dit doel is er een opslagsysteem 44, waarop deze en andere eerder bepaalde diepten opgeslagen kunnen worden, zodat de verzamelaar 43 deze kan gebruiken bij het maken van de verzameling 45 van kandidaat-waarden.

De verzamelaar 43 stuurt de verzameling 45 met kandidaat-waarden door naar een matcher 46. De matcher 46 bepaalt voor elke kandidaat-waarde uit de verzameling op basis van de genoemde kandidaat-waarde een te matchen gebied uit de tweede afbeelding. Vervolgens matcht de matcher 46 het blok uit de eerste afbeelding met dit gebied en berekent de matcher 46 een bijbehorende matching error, zoals hierboven is beschreven. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van eerder genoemde methoden zoals de gemiddelde kwadratische fout, het gemiddelde absolute verschil, de som van de absolute verschillen of de som van de kwadratische fouten geschikte methoden.

De matcher 46 is in deze uitvoeringsvorm ingericht voor het maken van een selectie van pixels uit het blok uit de eerste afbeelding welke zichtbaar zijn in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding. Het moge duidelijk zijn dat ook een ander onderdeel van het apparaat ingericht kan worden voor deze taak.

De matcher 46 maakt de selectie door voor de pixels uit het blok uit de eerste afbeelding te bepalen op welke locatie in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding zij zich bevinden. Vervolgens vergelijkt de matcher 46 de pixels die zich op dezelfde locatie in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding bevinden, of de daarmee corresponderende punten. Hiermee kan de matcher 46 bepalen welk van deze pixels of punten zichtbaar is in het te matchen gebied. Deze vergelijking kan bij voorkeur worden verricht op basis van diepte, aangezien het meestal zo zal zijn dat het dichtstbijzijnde punt zichtbaar is, omdat het verder weg gelegen punten afdekt. De selectie wordt vervolgens vastgelegd door de waarde van de visibility map voor een zichtbare pixel op 1 te stellen, en voor de niet zichtbare pixel of pixels op 0. De matcher 46 berekent de matching error op basis van de visibility map, zoals beschreven bij Figuur 1.

Nadat de matching errors van de kandidaat-waarden uit de verzameling 45 zijn berekend, kiest een selector 47 de optimale kandidaat-waarde 48 uit de verzameling 45 op basis van de berekende matching errors. De optimale kandidaat-waarde 48 is de kandidaat-waarde met een relatief lage matching error. De selector 47 stuurt de optimale kandidaat-waarde 48 vervolgens naar de beeldbewerker 41. Door deze procedure te herhalen voor meerdere blokken uit een afbeelding, wordt diepte-informatie voor deze afbeelding verkregen. Aan de hand van de aldus verkregen diepte-informatie kan de beeldbewerker 41 het videosignaal 40 bewerken om een verbeterd videosignaal te verkrijgen. Dit verbeterd videosignaal kan vervolgens worden afgebeeld op het display systeem 42.

CONCLUSIES:

19.05.2000

(86)

1. Werkwijze voor het kiezen van een optimale kandidaat-waarde voor gebruik bij het matchen van een blok uit een eerste afbeelding met een gebied uit een tweede afbeelding, welke werkwijze omvat:

(a) het maken van een verzameling met kandidaat-waarden voor het bepalen van een te
5 matchen gebied uit de tweede afbeelding,

(b) voor elke kandidaat-waarde uit de verzameling, het op basis van de genoemde kandidaat-waarde bepalen van een te matchen gebied uit de tweede afbeelding, het matchen van het blok uit de eerste afbeelding met dit gebied en het berekenen van een matching error, en

(c) het kiezen van de optimale kandidaat-waarde uit de verzameling op basis van de
10 berekende matching errors,

met het kenmerk, dat het blok opgebouwd is uit pixels, een selectie gemaakt wordt van pixels uit het blok uit de eerste afbeelding welke zichtbaar zijn in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding, en het berekenen van een matching error gebeurt op basis van de genoemde selectie.

15 2. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de selectie gemaakt wordt door voor de pixels uit het blok uit de eerste afbeelding te bepalen op welke locatie in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding zij zich bevinden, en een pixel te selecteren op basis van een vergelijking met andere pixels uit het blok uit de eerste afbeelding die zich
20 op dezelfde locatie in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding bevinden.

3. Werkwijze volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat de vergelijking gebeurt op basis van diepte.

25 4. Systeem voor het kiezen van een optimale kandidaat-waarde voor gebruik bij het matchen van een blok uit een eerste afbeelding met een gebied uit een tweede afbeelding, welk systeem omvat:

- een verzamelaar (43), welke is ingericht voor het maken van een verzameling (45) met kandidaat-waarden (20, 21, 22, 23) voor het bepalen van een te matchen gebied uit de tweede afbeelding,
 - een matcher (46), welke is ingericht voor het voor elke kandidaat-waarde uit de verzameling op basis van de genoemde kandidaat-waarde bepalen van een te matchen gebied uit de tweede afbeelding, het matchen van het blok uit de eerste afbeelding met dit gebied en het berekenen van een matching error, en
 - een selector (47), welke is ingericht voor het kiezen van de optimale kandidaat-waarde uit de verzameling (45) op basis van de berekende matching errors (24),
- met het kenmerk, dat het blok opgebouwd is uit pixels, en de matcher (46) ingericht is voor het maken van een selectie van pixels uit het blok uit de eerste afbeelding welke zichtbaar zijn in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding, en de matcher (46) ingericht is voor het berekenen van een matching error op basis van de genoemde selectie.
5. Systeem volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat de matcher (46) ingericht is voor het maken van de selectie door voor de pixels uit het blok uit de eerste afbeelding te bepalen op welke locatie in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding zij zich bevinden, en een pixel te selecteren op basis van een vergelijking met andere pixels uit het blok uit de eerste afbeelding die zich op dezelfde locatie in het te matchen gebied uit de tweede afbeelding bevinden.
6. Systeem volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat de vergelijking gebeurt op basis van diepte.
7. Apparaat voor het bewerken van een videosignaal (40) bestaande uit een verscheidenheid aan afbeeldingen, bevattend:
- een systeem (43, 46, 47) volgens conclusie 4, 5 of 6 voor het kiezen van een optimale kandidaat-waarde (48) voor gebruik bij het matchen van een blok uit een eerste afbeelding (40) met een gebied uit een tweede afbeelding, welk systeem ingericht is om optimale kandidaat-waarden te kiezen voor blokken uit de afbeeldingen uit de genoemde verscheidenheid, en
 - een beeldbewerker (41) voor het bewerken van het videosignaal (40) om een verbeterd (enhanced) videosignaal te verkrijgen op basis van de verkregen optimale kandidaat-waarden zoals bepaald door het genoemde systeem (43, 46, 47).

8. Apparaat volgens conclusie 7, met het kenmerk, dat het apparaat voorts is voorzien van een display systeem (42) voor het afbeelden van het verbeterde (enhanced) videosignaal.

16

19.05.2000
EPO - DG 1

19.05.2000

(86)

ABSTRACT:

In block-based motion or depth estimation, a block is assigned a motion or depth value as a result of minimising the matching error over a limited set of candidate values. The matching error for each element of the set is obtained by computing the luminosity differences between a block of a first image (10) and an area in a second image (11). It may occur that an object (12) is partially obstructed by another object (15), so that a pixel (14) in the block is not present in the corresponding area, because another pixel (16) overlaps it. The method and system according to the invention determine which pixels are not visible in the second image (11), and compute the matching error over only the visible pixels. An apparatus for adapting a video signal (40) uses the chosen candidate values to create an enhanced version of the video signal (40).

Fig. 1

1/1

EPO - DG 1
19. 05. 2000

(86)

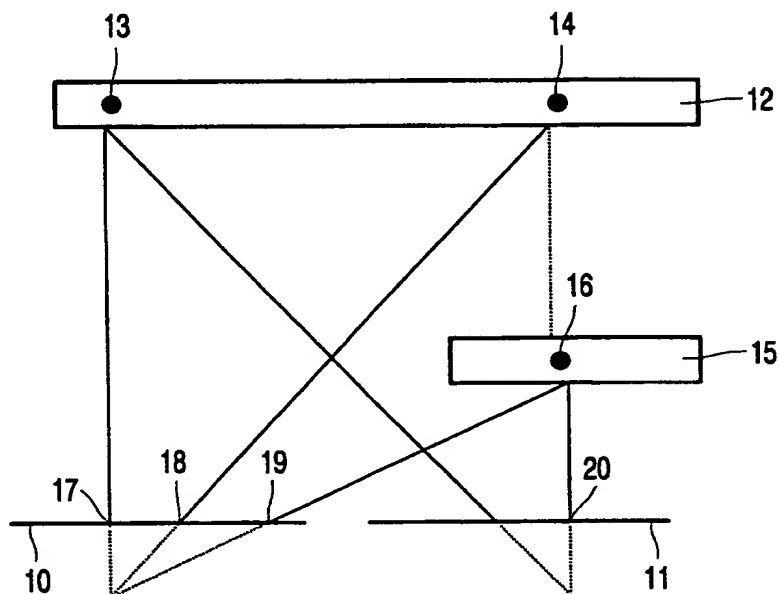


FIG. 1

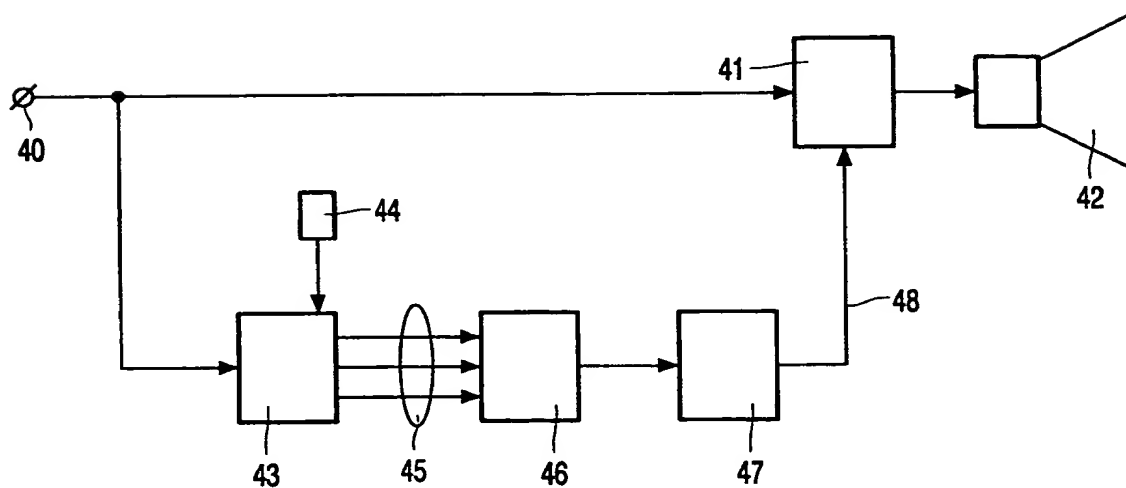


FIG. 2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)